



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2017

**Pre-Descemet endotheliale Keratoplastie (PDEK) als Alternative zur
Descemet-Membran endothelialen Keratoplastie (DMEK)?**

Blaser, Frank

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-146716>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Blaser, Frank (2017). Pre-Descemet endotheliale Keratoplastie (PDEK) als Alternative zur Descemet-Membran endothelialen Keratoplastie (DMEK)? *Ophta*, 3:157-160.

Pre-Descemet endotheliale Keratoplastie (PDEK) als Alternative zur Descemet-Membran endothelialen Keratoplastie (DMEK)?

Frank Blaser, Zürich

Die weitaus am häufigsten durchgeführte Hornhauttransplantation in der Schweiz ist die lamelläre Endotheltransplantation bei Fuchs'scher Endotheldystrophie und pseudophaker bullöser Keratopathie, wobei sich die DMEK (Descemet membrane endothelial keratoplasty) als favorisierte Technik etabliert hat. Die gegenwärtige Zahl der Hornhauttransplantationen übersteigt die Zahl der in der Schweiz aufbereiteten Hornhauttransplantate bei Weitem, weswegen Importe aus dem Ausland getätigt werden müssen. Die Verfügbarkeit von geeigneten Hornhautspenden wird bei der DMEK zusätzlich marginalisiert, da junge Spender und teilweise auch Diabetiker wegen Schwierigkeiten bei deren Transplantat-Präparation ausgeschlossen werden müssen. Bei der noch jungen Technik der PDEK (pre-Descemet's endothelial keratoplasty) hingegen entfallen diese Ausschlusskriterien, so dass auch junge Spender mit hohen Endothelzellzahlen und Diabetiker akzeptiert werden können. Die Besprechung dieser Technik, deren weitere Entwicklung und Etablierung noch offen ist, gibt zudem neue Einblicke in die posteriore Anatomie der Hornhaut, wird dazu doch die Existenz einer sechsten Schicht der Hornhaut, der Prä-Descemet-Membran, postuliert.

Die lamelläre Endotheltransplantation bei Fuchs'scher Endotheldystrophie und pseudophaker bullöser Keratopathie ist die Hornhauttransplantation, die in der Schweiz weitaus am häufigsten durchgeführt wird. Die Technik der DMEK (Descemet membrane endothelial keratoplasty) wird dabei aufgrund des besseren visuellen Outcomes und der rascheren Visus-Rehabilitation jener der DSAEK (Descemet stripping automated endothelial keratoplasty)

zunehmend bevorzugt. Letztere ist noch komplizierteren Fällen mit fehlendem Diaphragma und nach fistulierenden Eingriffen sowie Fällen vorbehalten, bei welchen aufgrund des Hornhautödems ein schlechter Einblick in die Vorderkammer besteht, der stromale narbige Umbau aber noch nicht derart weit fortgeschritten ist, dass eine perforierende Keratoplastik vorgenommen werden muss.

Die gegenwärtige Zahl der Hornhauttransplantationen übersteigt die Zahl der in der Schweiz aufbereiteten Hornhauttransplantate bei Weitem. Dieser Umstand wird durch Importe von Hornhäuten aus dem Ausland, vorwiegend von Augenbanken in den Vereinigten Staaten von Amerika, kompensiert.

Ungedeckter Bedarf in der Schweiz

Im Jahr 2015 wurden dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) 765 Hornhauttransplantationen in der Schweiz und 386 Hornhautimporte vom Ausland in die Schweiz gemeldet¹ (die Zahlen für 2016 sind noch nicht publiziert). Der Bedarf an Hornhäuten wurde daher 2015 in mehr als der Hälfte der Fälle durch Importe aus dem Ausland gedeckt.

Inwiefern sich die ausländischen «Spendermärkte» künftig entwickeln werden, bleibt abzuwarten. Sicherlich wäre es ethisch und auf längere Sicht auch versorgungspolitisch indiziert, die hiesigen Spender-Ressourcen umfassender auszuschöpfen und die bestehenden Hornhautbanken (oder Augenbanken) weiter zu entwickeln. Die wachsenden Anforderungen an die technische Infrastruktur der Hornhautbanken durch die Behörden mit den entsprechend steigenden Kosten, die politisch bedingten, fehlenden ökonomischen Anreize zur Transplantataufbereitung sowie die historisch bedingte Zersplitterung der hiesigen Hornhautbankenlandschaft² erschweren aber solche Bestrebungen erheblich, so dass sich zumindest kurzfristig an diesem pitoyablen Zu-

stand kaum etwas ändern wird. Immerhin hat Swisstransplant verdienstvollerweise im Jahr 2016 ein erstes Expertentreffen mit Corneaspezialisten aus der ganzen Schweiz einberufen, um gemeinsam zu besprechen, wie Swisstransplant auf nationaler Ebene die Corneaspende unterstützen kann, und hat eine «Arbeitsgruppe Cornea» gegründet.³

Medizinische Möglichkeiten zur Erhöhung der Transplantatzahlen

Neben solchen gesundheitspolitischen Bestrebungen bestehen auch rein medizinische Möglichkeiten, um die Zahl der Transplantate auszuweiten. Die Zahl der Hornhautendotheltransplantate lässt sich durch reine Teilung eines Transplantates in mehrere Teiltransplantate vervielfachen.

Bei der Hemi-DMEK werden von einer Hornhaut anstelle eines einzelnen Kreisscheiben-förmigen Descemet-Endothel-Transplantates von 8.5–9.5 mm Durchmesser zwei Halbkreisscheiben-förmige Transplantate mit einem grösseren Durchmesser von rund 12 mm hergestellt. Sie weisen damit je ungefähr die gleiche Fläche wie das einzelne Kreisscheiben-förmige Transplantat auf.⁴ Auch eine Aufteilung in 4 Quadranten (Quarter-DMEK) wird bereits vereinzelt vorgenommen, was aber unweigerlich mit einer reduzierten Anzahl transplan- tierter Endothelzellen und wahrscheinlich mit einem kürzeren Transplantatüberleben einhergeht.

Eine weitere rein medizinische Möglichkeit zur Ausweitung verfügbarer Hornhautendotheltransplantate bietet die Adaptierung der bisherigen Präparationstechniken. Bei der DMEK muss die zarte Descemet-Endothel-Lamelle sorgfältig manuell vom Spenderhornhautstroma abgepellt werden (Abb. 1). **Verschiedenste Präparationstechniken (Scuba, Muraine, Liquid Bubble) werden hierfür praktiziert, ein einheitlicher Standard besteht (noch) nicht.** Die Präparation war und ist der grösste Unsi- ➔

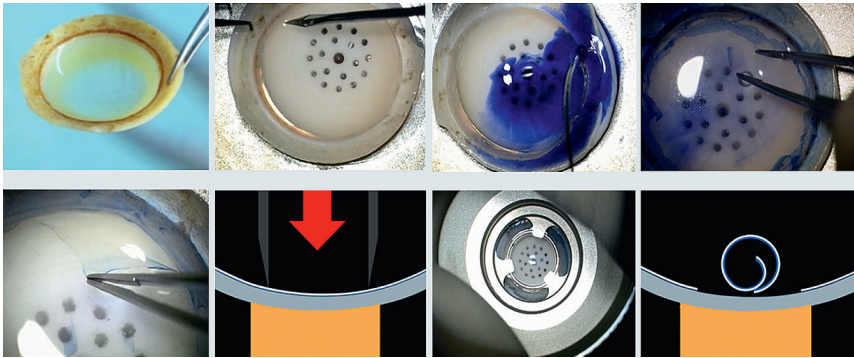


Abb. 1 Präparation einer Descemet-Endothel-Lamelle (von links nach rechts): Sklerocorneale Spenderhornhautscheibe, periphere zirkuläre Inzision der Spender-Descemet-Membran mit dem Messer, Visualisierung des Schnitttrandes mit Vision Blue, zirkuläre Mobilisierung der Descemet-Membran und Abpellen nach zentral, Trepanation der Descemet-Endothel-Lamelle und spontane Ausbildung einer Rolle (Endothel stets nach aussen gerichtet).

cherheitsfaktor bei der DMEK, weswegen – abgesehen von der eingesparten Zeit im Operationssaal – Precut Tissue bevorzugt wird. Hoher mechanischer Stress bei der Präparation geht mit grösserem Endothelzellverlust einher, und Adhärenzen im Interface können zum Einreißen und damit zum Verlust des Transplantates während der Präparation führen.

Bei jüngeren Spendern, welche aufgrund der hohen Endothelzellichten grundsätzlich zu favorisierende Donoren wären, besteht eine stärkere Ädhärenz zwischen der Descemet-Membran und dem darüber liegenden Hornhautstroma mit entsprechend erhöhter Gefahr des Transplantat-Einreisens bei der Präparation im Vergleich zu älteren Spendern. Zudem rollt sich das Transplantat bei jüngeren Spendern aufgrund der

noch hohen Elastizität der Descemet-Membran (stets mit der Endothelseite nach aussen gerichtet) stärker als bei älteren Spendern ein.⁵ Entsprechend bestehen dann bei der möglichst atraumatisch zu gestaltenden chirurgischen Transplantatentfaltung in der Vorderkammer des Empfängers Schwierigkeiten, was mit einem erhöhten intraoperativen Endothelzellverlust einhergehen kann (Abb 2).⁶ Transplantate von älteren Spendern sind dagegen meist einfacher zu präparieren und entfalten sich im Auge auch besser als solche von jüngeren Spendern, dies wegen der erhöhten Rigidität der Descemet-Membran mit zunehmendem Alter. Somit bestehen konkurrierende Vorzüge der besseren Endothelqualität bei jungen Spendern versus der einfacheren Transplantatpräparation und -entfaltung bei älteren

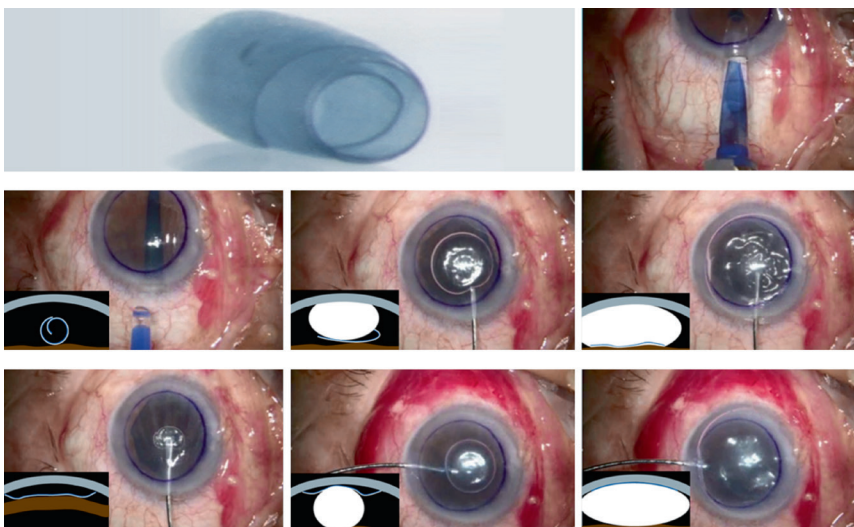


Abb. 2 DMEK (von links nach rechts): Descemet-Endothel-Rolle. Nach erfolgter Descemetorhexis (nicht dargestellt) der Empfängerhornhaut Injektion der Rolle in die Vorderkammer, Ausbreitung des Transplantates (hier mittels anteriorer Luftblase) mit Endothel nach unten gerichtet, Aspiration der Luft und Abflachen der Vorderkammer, wodurch das Transplantat peripher gefangen wird und sich nicht mehr spontan einrollen kann, Anlegen des Transplantates an die Empfängerhornhaut mit posteriorer Lufttamponade. Analoge Vorgehensweise bei PDEK.

Spendern. Ein Spenderalter unter 40 Jahren gilt als Kontraindikation, eines unter 50 Jahren zumindest als relative Kontraindikation für die DMEK.

Bei älteren Spendern besteht die Limitierung in der reduzierten Endothelzellzahl respektive -qualität. Aufgrund erhöhter Präparationsschwierigkeiten mit möglichem Transplantatverlust werden für die DMEK auch schwere Diabetiker als Spender zumeist ausgeschlossen. Durch die erwähnten Ausschlusskriterien entfällt für die DMEK ein erheblicher Anteil an bezüglich der Endothelzellichte geeigneten Spendern.

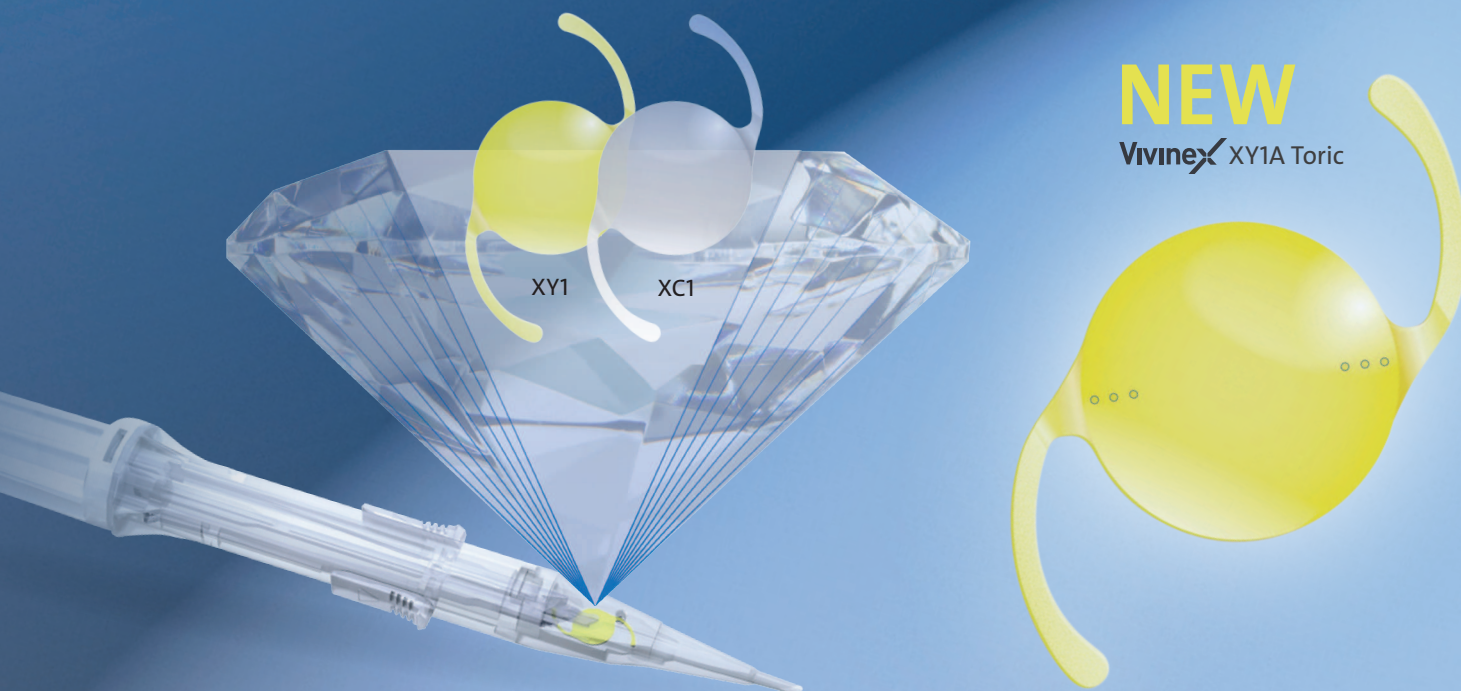
Mit der jüngeren Technik der PDEK (pre-Descemet's endothelial keratoplasty), deren Konzept von Dua und Agarwal⁷ 2014 erstmals vorgestellt wurde und die seither weiterentwickelt wird, kann dieser Spenderpool hingegen erschlossen werden.

Technik der PDEK

Die Technik der PDEK beruht auf der Existenz der Prä-Descemet-Membran (synonym Dua's layer; Abb. 3), welche Dua et al.⁸ im Jahre 2013 aufgrund klinischer und histologischer Beobachtungen erstmals als sechste anatomische Schicht der Hornhaut beschrieben. Sowohl deren Existenz als auch deren Bezeichnung als Dua's layer im Sinne eines Eponyms hat Diskussionen ausgelöst.

Bei der Präparation des PDEK-Transplantates wird eine 30G-Nadel vom Limbus her bis in das tiefe mittelperiphere Hornhautstroma vorgeschoben und danach langsam Luft infundiert, bis sich eine **Typ-1 Big Bubble** zwischen der Prä-Descemet-Membran und dem posterioren Hornhautstroma ausbildet (Abb. 4 A und B). Die domförmige Blase breitet sich durch zusätzliche Lufteingabe von zentral nach peripher aus, ist aber auf einen Durchmesser von rund 7,5 mm bis 8,5 mm beschränkt. Danach wird das Transplantat, bestehend aus Prä-Descemet-Membran, Descemet-Membran und Endothel, entlang des Luftblasenrandes trepaniert.

Wird demgegenüber exzessiv Luft infundiert, erreicht das Hornhautstroma-Emphysem die Peripherie. Dort ist die Prä-Descemet-Membran fenestriert, so dass die Luft zwischen die Prä-Descemet-Membran und die Descemet-Membran eintritt und sich eine Typ-2 Big Bubble ausbildet (Abb. 4 C), wie dies bei der tiefen anterioren lamellären Keratoplastik (DALK, deep anterior lamellar keratoplasty) zur Separation der Descemet-Membran angestrebt wird. Dabei kann sich auch eine Kombinati- ➔



HOYA
SURGICAL OPTICS

Vivinex and Vivinex Toric

Long term quality of vision is what every patient expects

Vivinex iSert® **Gelb, farblos und torisch (gelb)**

- Jetzt auch torisch verfügbar (siehe Tabelle)
- Neuer Preloaded Injektor iSert
- Injektorspitze nur 1.7 mm
- Neues hydrophobes Material

Rufen Sie uns an! Unsere Linsenspezialisten beraten Sie gerne direkt im OP.

Erhältlich ab Lager in der Schweiz in gelb (Blaulichtfilter) und farblos von +6 bis +30 D, Torisch ab Lager in der Schweiz von +10 bis +30 D, cyl T3-T9 (im Aufbau)

Vivinex iSert® **Jaune, incolore et torique (jaune)**

- Désormais disponible en version torique (voir tableau)
- Nouvel injecteur préchargé iSert
- Pointe de l'injecteur seulement 1.7 mm de diamètre
- Nouveau matériau hydrophobe

Appelez-nous ! Nos spécialistes implants sont à votre disposition pour vous conseiller directement en salle d'opération.

Disponible de notre stock en Suisse en jaune (filtre de lumière bleue) ou incolore de +6 à +30 D, et en version torique de notre stock en Suisse de +10 à +30 D, cyl T3-T9 (en voie de mise en place)

Vivinex XY1A (toric yellow)	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Cylinder power on IOL plane	1.50 D	2.25 D	3.00 D	3.75 D	4.50 D	5.25 D	6.00 D
Cylinder power on corneal plane*	1.04 D	1.56 D	2.08 D	2.60 D	3.12 D	3.64 D	4.17 D

* Based on an average pseudophakic human eye

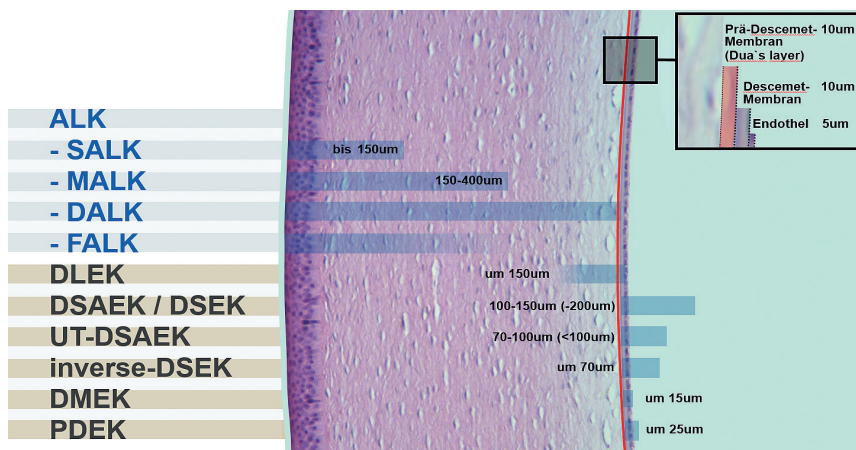


Abb. 3 Übersicht über lamelläre Keratoplastiken: Die Prä-Descemet (rot) stellt die «Wasserscheide» zwischen den anterioren und den posterioren lamellären Keratoplastiken dar (Ausnahme: DLEK). Anteriore lamelläre Keratoplastiken (anterior lamellar keratoplasty, ALK, blau): S- (superficial), M- (midstromal), D- (deep), F- (Femtosecond laser-assisted). Posteriore lamelläre Keratoplastiken (braun): DLEK (deep lamellar endothelial keratoplasty); DSA(E)K (Descemet stripping (automated) endothelial keratoplasty); UT- (Ultra-thin), inverse-; DMEK; PDEK.

on von Typ-1 BB und Typ-2 BB ausbilden, was weder bei der PDEK- noch bei der DALK-Präparation erwünscht ist (Abb. 4 D).

Beim PDEK-Transplantat wird daher im Gegensatz zum DMEK-Transplantat zusätzlich zur Descemet-Membran und zum Endothel die Prä-Descemet-Membran (rund 10 µm Dicke) miterfasst. Die PDEK nimmt somit eine Mittelstellung zwischen der DMEK und der Ultra thin-DSAEK (UT-DSAEK), bei welcher zusätzlich eine Stromalamelle bis maximal 100 µm Dicke mittransplantiert wird, ein (Abb. 3). **Die PDEK-Rolle verhält sich wegen der Prä-Descemet-Membran steifer als die DMEK-Rolle.** Die Technik der

PDEK unterscheidet sich von der DMEK im Wesentlichen nur in Bezug auf die Transplantatzubereitung, der Eingriff am Empfänger erfolgt vollständig analog zur DMEK (Abb. 2). Die Operation wird allerdings durch den Umstand erleichtert, dass sich das **PDEK-Transplantat spontan weniger elastisch aufrollt und sich in der Vorderkammer einfacher wieder entfalten lässt, was wiederum mit einem geringeren intraoperativen Endothelzellverlust einhergeht.**

Die PDEK ist bisher noch nicht weit verbreitet und noch in Entwicklung. Eine im Februar 2017 vorgestellte PDEK-Klemme, welche den peripheren fenestrierten Bereich

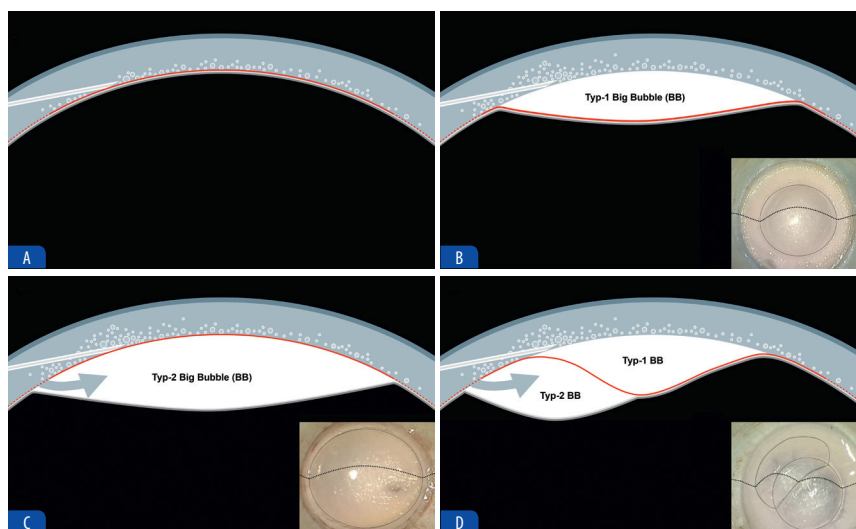


Abb. 4 Varianten der Big Bubble-Bildung bei der Pneumodissektion der Spenderhornhaut, Prä-Descemet-Membran (rot) mit natürlicher peripherer Auflockerung (Fenestrierung, gestrichelt). **A:** Intrastromales Emphysem. **B:** Ausbildung Typ-1 Big Bubble. **C:** Ausbildung Typ-2 Big Bubble durch peripheren Lufteintritt zwischen die Prä-Descemet-Membran (rot) und die Descemet-Membran (blau). **D:** Kombination von B und C.

der Prä-Descemet-Membran zirkulär komprimiert, wurde entwickelt, um bei der Spenderhornhaut-Präparation zuverlässig ausschliesslich eine Typ-1 BB zu erzeugen und eine Separation der Descemet-Membran mit Ausbildung einer Typ-2 BB vermeiden zu können.⁹

Fazit: Die PDEK stellt eine gewebeschonende Alternative zur DMEK dar und ermöglicht auch den Einschluss von jungen Hornhautspendern mit entsprechend hohen Endothelzellzahlen. •

Korrespondenz

Dr. med. Frank Blaser
Dipl. Ing. ETH, FMH für Ophthalmologie, spez. Ophthalmochirurgie, FEBO
Oberarzt mEV, Leiter Augenbank
Augenklinik, UniversitätsSpital Zürich
Frauenklinikstrasse 24, 8091 Zürich
frank.blaser@usz.ch

Referenzen

1. Bundesamt für Gesundheit, Fakten und Zahlen zur Transplantationsmedizin, Spende und Transplantationen von Geweben
<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/service/zahlen-fakten/zahlen-fakten-zu-transplantationsmedizin/zahlen-fakten-zur-spende-und-transplantation-von-geweben.html>
2. Bundesamt für Gesundheit, Bewilligungen für Lagerung, Ein- und Ausfuhr menschlicher Gewebe, Zellen oder Organe
<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/service/gesuche-bewilligungen/gesuche-bewilligungen-bereich-transplantation/bewilligungen-fuer-lagerung-ein-ausfuhr-menschlicher-gewebe-zellen-organe.html>
3. Jahresbericht Swisstransplant 2016:14.
4. Lam FC, Baydoun L, Dirisamer M, Lie J, Dapena I, Melles GR. Hemi-Descemet membrane endothelial keratoplasty transplantation: a potential method for increasing the pool of endothelial graft tissue. JAMA Ophthalmol. 2014 Dec;132(12):1469-73.
5. Heinzelmann S, Hüther S, Böhringer D, Eberwein P, Reinhard T, Maier P. Influence of donor characteristics on descemet membrane endothelial keratoplasty. Cornea. 2014 Jun;33(6):644-8.
6. Maier AK, Gundlach E, Schroeter J, Klamann MK, Gonnermann J, Riechardt AI, Bertelmann E, Jousens AM, Torun N. Influence of the difficulty of graft unfolding and attachment on the outcome in Descemet membrane endothelial keratoplasty. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2015 Jun;253(6):895-900.
7. Agarwal A, Dua HS, Narang P, Kumar DA, Agarwal A, Jacob S, Agarwal A, Gupta A. Pre-Descemet's endothelial keratoplasty (PDEK). Br J Ophthalmol. 2014;98(9):1181-5.
8. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). Ophthalmology. 2013 Sep;120(9):1778-85.
9. Dua HS, Said DG. Pre-Descemet's endothelial keratoplasty: the PDEK clamp for successful PDEK. Eye advanced online publication, 17 February 2017.